La moelle épinière

La moelle apparaît comme un cordon blanc légèrement aplati d'avant en arrière, long de 45 cm environ, d'un diamètre moyen d'environ 1 cm. En haut, elle se continue par le bulbe rachidien. En bas, elle se continue par un cordon fibreux d'environ 25 cm de long, le *« filum terminale »*.

Ce n'est pas un cordon régulier. Il présente deux renflements, l'un à la partie haute (renflement cervical), l'autre à la partie basse (renflement lombaire). Sa surface est parcourue par des sillons bien visibles sur une coupe horizontale :

— En arrière, un sillon postérieur ou dorsal, peu marqué, et de chaque côté un sillon collatéral postérieur.

— En avant, un sillon antérieur ou ventral, beaucoup plus profond, avec de chaque côté un sillon collatéral antérieur.

De chaque sillon collatéral part un ensemble de filets nerveux : les filets qui sortent d'un sillon collatéral postérieur se regroupent par petits paquets pour former de chaque côté une racine postérieure; les filets qui sortent d'un sillon collatéral antérieur forment la racine antérieure. Ainsi naissent de l'ensemble de la moelle, de chaque côté, 31 racines postérieures et 31 racines antérieures. Le segment de moelle donnant les racines de même niveau s'appelle un *myélomère.* Il y a donc 31 myélomères.

Chaque racine postérieure, après avoir présenté un renflement, le *ganglion spinal*, s'unit à la racine antérieure pour former le nerf rachidien.

Sur une coupe horizontale de la moelle, on voit une partie centrale de substance grise en forme de H, et une partie périphérique de substance blanche. Au centre on voit un fin canal, qui s'étend sur toute la hauteur de la moelle; il contient du liquide céphalo-rachidien : c'est le *canal de l'épendyme.* La substance grise comprend de chaque côté une corne antérieure renflée, une zone péri-épendymaire, et une corne postérieure effilée. La substance blanche comprend un cordon antérieur, un cordon latéral et un cordon postérieur. Seul ce dernier est nettement séparé; les deux autres communiquent en avant de la corne grise antérieure si bien que l'on parle parfois de cordon antéro-latéral.

RAPPORTS

La moelle est contenue dans le canal rachidien. Celui-ci est étendu de l'atlas à l'hiatus sacré; mais la moelle se termine en bas à la hauteur de la deuxième vertèbre lombaire. Les racines quittent le canal par les trous de conjugaison, puis plus bas par les trous sacrés, les deux dernières enfin par l'hiatus sacré.

A l'intérieur du canal la moelle est protégée par les méninges, qui comprennent :

— la *dure-mère*, membrane fibreuse formant un étui continu qui se termine en bas en un cul-de-sac, se projetant à la hauteur de la deuxième ou de la troisième vertèbre sacrée. Au-dessous, le sac dural se prolonge sur le filum terminale, formant le ligament coccygien. Les racines perforent le sac dural par un orifice avant de gagner le trou de conjugaison. La dure-mère est séparée des parois du canal rachidien par un espace riche en veines et en graisse, l'espace épidural;

— *l'arachnoïde* est une membrane que l'on a voulu assimiler à une séreuse à deux feuillets. En fait, elle comprend une membrane sous-jacente à la dure-mère, et en profondeur, un espace rempli de cordages très fins et très lâches entre lesquels se trouve le liquide céphalo-rachidien : l'espace sous-arachnoïdien;

— enfin, tout contre le tissu nerveux médullaire, la *pie-mère* est une fine membrane porte-vaisseaux qui se prolonge sur les racines puis les nerfs. De chaque côté de la moelle et sur toute sa longueur la pie-mère envoie une expansion verticale frontale qui, de la moelle, se porte en-dehors jusqu'au sac dural, sur lequel elle se fixe de façon discontinue : c'est le ligament dentelé qui sépare de chaque côté la racine antérieure de la racine postérieure.

La correspondance entre racines rachidiennes et vertèbres n'est pas stricte. Il y a 8 racines cervicales, 12 dorsales, 5 lombaires, 5 sacrées, et une coccygienne. La première racine cervicale sort au-dessus de l'atlas. La huitième racine cervicale sort au-dessous de la septième vertèbre cervicale. La cinquième racine sacrée et la racine coccygienne sortent par l'hiatus sacré.

Les premières racines cervicales sont presque horizontales, et sortent du canal rachidien à un niveau voisin de celui de leur émergence médullaire; puis, au fur et à mesure que l'on progresse vers le bas, elles deviennent de plus en plus obliques en bas et en dehors. La dernière racine est finalement presque verticale. En outre, du fait de la terminaison de la moelle à hauteur de la deuxième vertèbre lombaire, la partie inférieure du sac dural n'est occupée que par des racines qui, tassées les unes contre les autres, forment la *queue de cheval.*

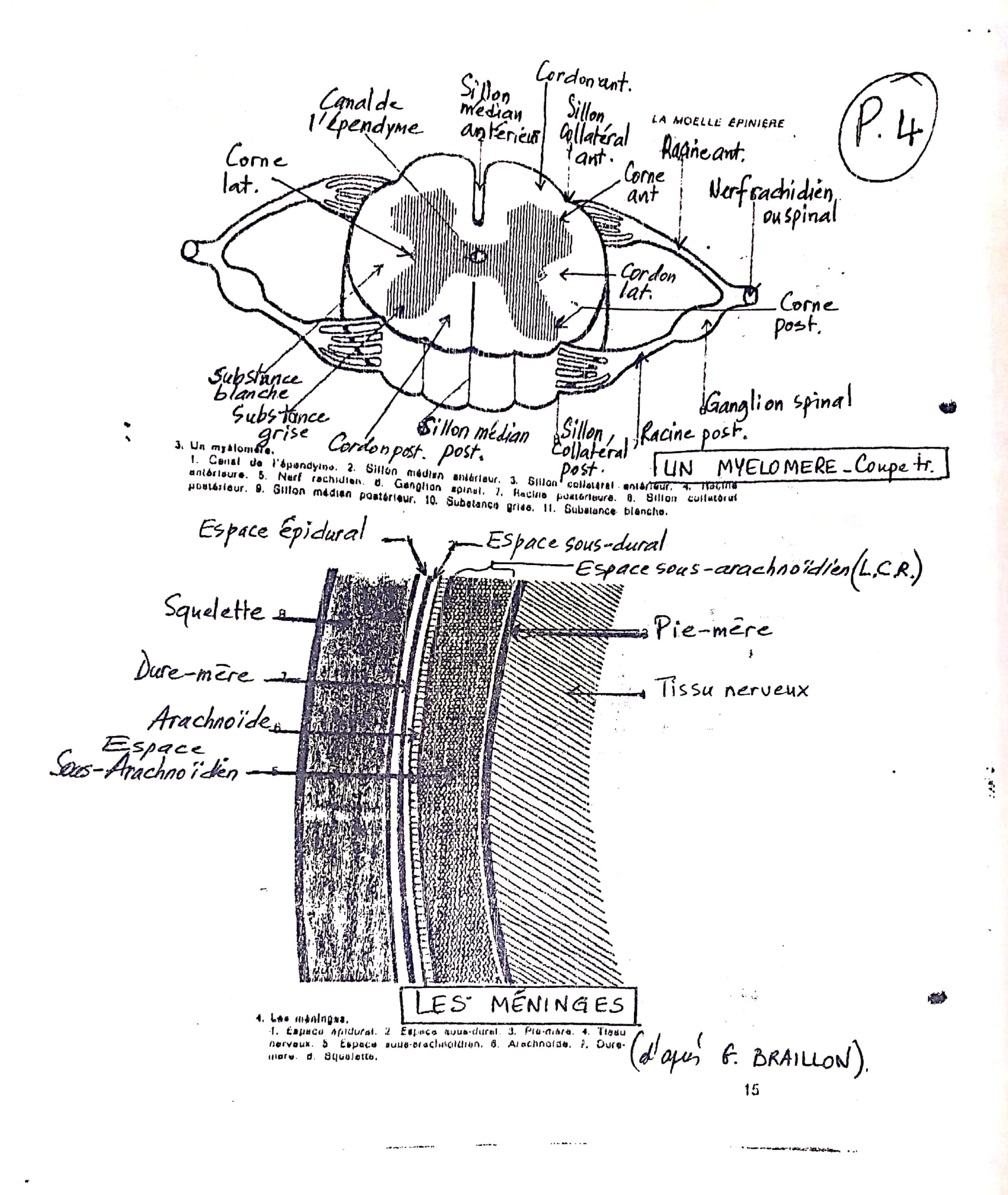
VASCULARISATION

Elle est assez inégale selon le niveau considéré. En principe, par chaque trou de conjugaison pénètre une artère qui accompagne le nerf rachidien : c'est l'artère radiculaire. Elle provient dans la région cervicale de l'artère vertébrale, dans la région dorsale des artères inter-costales, dans la région lombaire des artères lombaires, et dans la région sacrée des artères sacrées latérales. Elle se divise en deux branches radiculaires antérieure et postérieure, qui, arrivées au contact de la moelle, se divisent en deux. Ainsi est constitué, avec les homologues de l'autre côté, un cercle artériel péri-médullaire. En outre, une longue anastomose longitudinale unit en avant les artères des différents étages : l'artère spinale antérieure, qui reçoit en haut un renforcement de deux branches de l'artère vertébrale : les artères spinales antérieures; de plus, de petites anastomoses longitudinales postérieures existent de part et d'autre des racines postérieures.

De la spinale antérieure, des artérioles pénètrent la moelle et vascularisent la plus grande partie de la substance grise; du reste des cercles péri-médullaires pénètrent des artérioles pour la substance blanche.

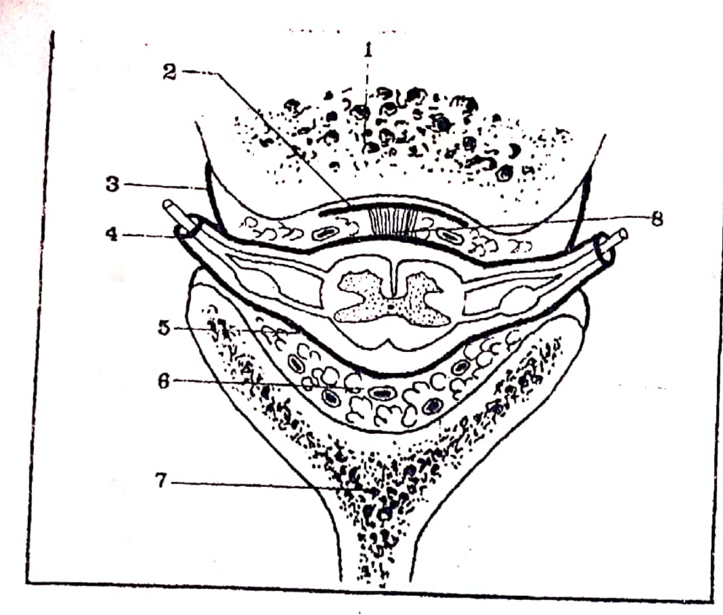
En fait, cette description théorique est assez inexacte, et s'il existe une disposition segmentaire au cours du développement embryologique, chez l'adulte quelques artères radiculaires seulement prennent un grand développement et assurent à elles seules la vascularisation d'un grand territoire médullaire, les autres s'atrophiant. En outre, il faut opposer le segment dorsal qui est pauvrement vascularisé aux renflements cervical et lombaire, qui le sont richement. Le renflement lombaire en particulier, reçoit l'essentiel de ses vaisseaux par une grosse artère radiculaire arrivant par les trous de conjugaison, à un niveau qui varie de D10 à L2, appelée artère d'Adamckievicz.

d'après : BRAILLON



3. Un myélomère.
1. Canal de l'épendyme. 2. Sillon médian antérieur. 3. Sillon collatéral antérieur. 4. Racine antérieure. 5. Nerf rachidien. 6. Ganglion spinal. 7. Racine postérieure. 8. Sillon collatéral postérieur. 9. Sillon médian postérieur. 10. Substance grise. 11. Substance blanche.

4. Les méninges.
1. Espace épidural. 2. Espace sous-dural. 3. Pie-mère. 4. Tissu nerveux. 5. Espace sous-arachnoïdien. 6. Arachnoïde. 7. Dure-mère. 8. Squelette.



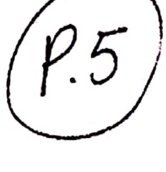


FIGURE 25

La dure-mère rachidienne (coupe horizontale de la colonne vertébrale)

1. *Corps vertébral.*
2. *Ligament vertébral commun postérieur.*
3. *Opercule dure-mèrien.*
4. *Gaine dure-mèrienne autour du nerf rachidien.*
5. *Dure-mère.*
6. *Espace épi-dural.*
7. *Arc vertébral postérieur.*
8. *Ligament antérieur de l'étui dural.*

FIGURE 26

Les enveloppes de la moelle (D'après Paturet).

1. *Racine rachidienne postérieure.*
2. *Racine rachidienne antérieure.*
3. *Ganglion spinal.*
4. *Artère radiculaire.*
5. *Nerf rachidien.*
6. *Ligament dentelé.*
7. *Réseau artériel pie-mérien.*
8. *Arachnoide.*
9. *Espace arachnoidien.*
10. *Gaine durale du nerf rachidien.*

10'. *Dure-mère.*

11. *Racine sympathique du nerf sinu-vertébral.*
12. *Nerf sinu-vertébral.*
13. *Plexus veineux intra-rachidien.*
14. *Pie-mère.*
15. *Artères spinales antérieures.*
16. *Sillon médian antérieur de la moelle et artère sulco-commissurale.*
17. *Substance grise médullaire.*
18. *Artère inter-fasciculaire.*
19. *Artère spinale postérieure.*
20. *Tronc veineux médian antérieur.*
21. *Troncs veineux antéro-latéraux.*
22. *Troncs veineux postéro-latéraux.*
23. *Tronc veineux médian postérieur.*

FIGURE 27

Les enveloppes méningées de la moelle (côté gauche, segment inférieur de la coupe passant par les racines gauches)

1. *Sac dural.*
2. *Arachnoïde.*
3. *Ligament dentelé.*
4. *Sillon médian antérieur.*
5. *Nerf rachidien.*
6. *Ganglion spinal (sensitif).*
7. *Pie-mère.*
8. *Tissu sous-arachnoïdien.*
9. *Cloison médiane postérieure.*
10. *Moelle cervicale.*

(d'après : BOUCHET et CUILLERET).

K.F

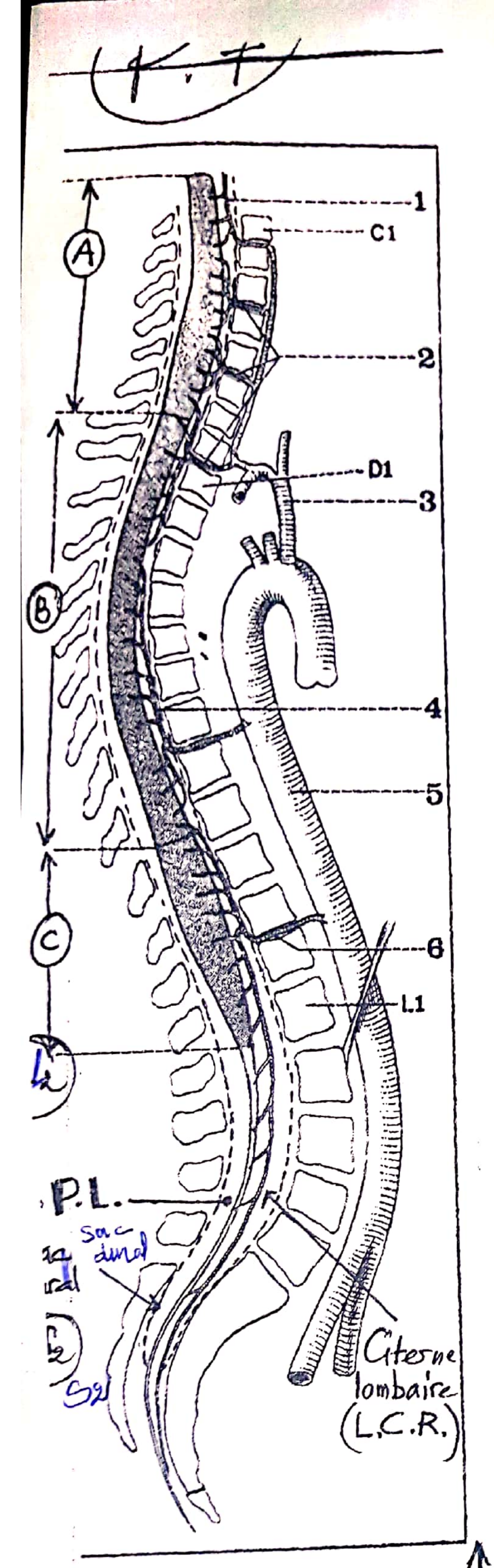
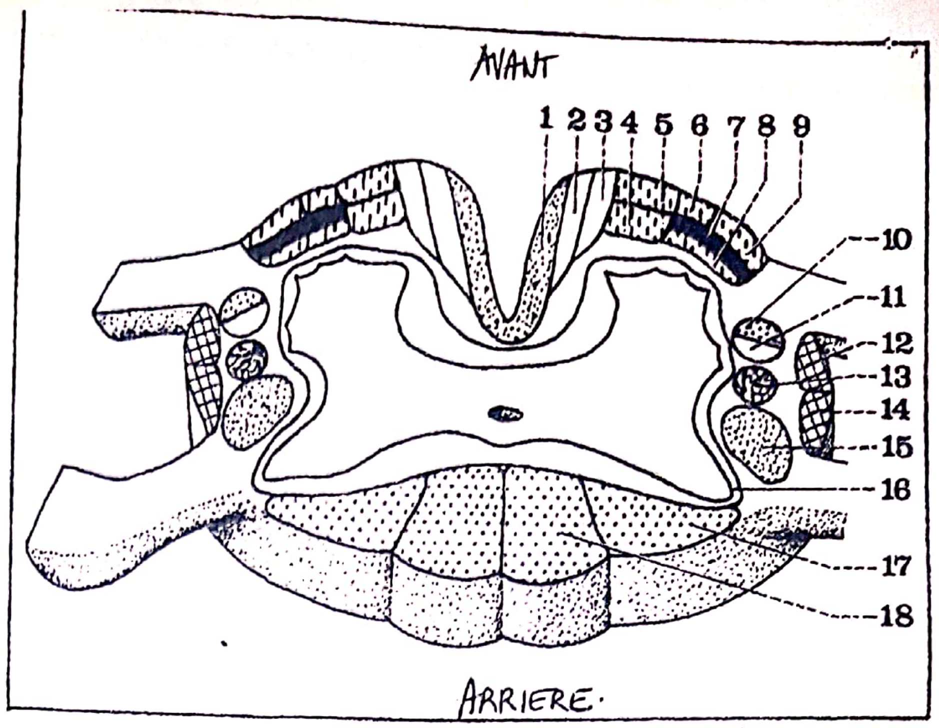


FIGURE 28

Les territoires artériels de la moelle. (D'après Lazorthes).

A. Territoire artériel supérieur.
B. Territoire dorsal.
C. Territoire inférieur.
1. Artère vertébrale.
2. Artères radiculaires issues de la vertébrale.
3. Artère sous-clavière.
4. Artère radiculaire dorsale.
5. Aorte descendante.
6. Grande artère radiculaire antérieure d'Adamckievicz.



COUPE DE SYNTHESE

▲ FIGURE 7

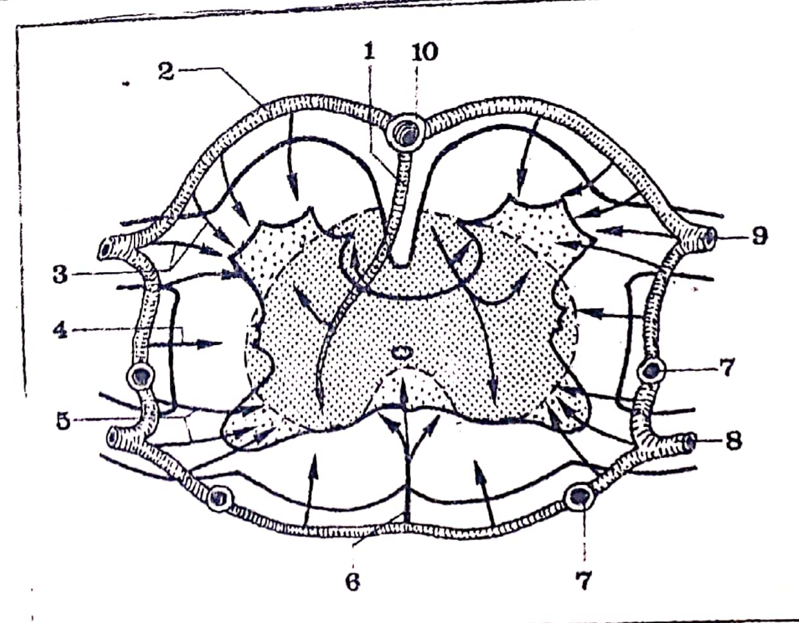
Coupe de la moelle.

1. Faisceau pyramidal direct.
2. Faisceau tecto-spinal ventral.
3. Faisceau réticulo-spinal ventral.
4. Faisceau spino-réticulo-thalamique ventral.
5. Faisceau vestibulo-spinal ventral.
6. Faisceau olivo-spinal.
7. Faisceau néo-spino-thalamique latéral.
8. Faisceau paléo-spino-thalamique.
9. Faisceau vestibulo-spinal dorsal.
10. Faisceau réticulo-spinal dorsal.
11. Faisceau tecto-spinal dorsal.
12. Faisceau spino-cérébelleux croisé de Gowers.
13. Faisceau rubro-spinal.
14. Faisceau spino-cérébelleux direct de Flechsig.
15. Faisceau pyramidal croisé.
16. Faisceau fondamental.
17. Faisceau de Burdach.
18. Faisceau de Goll.

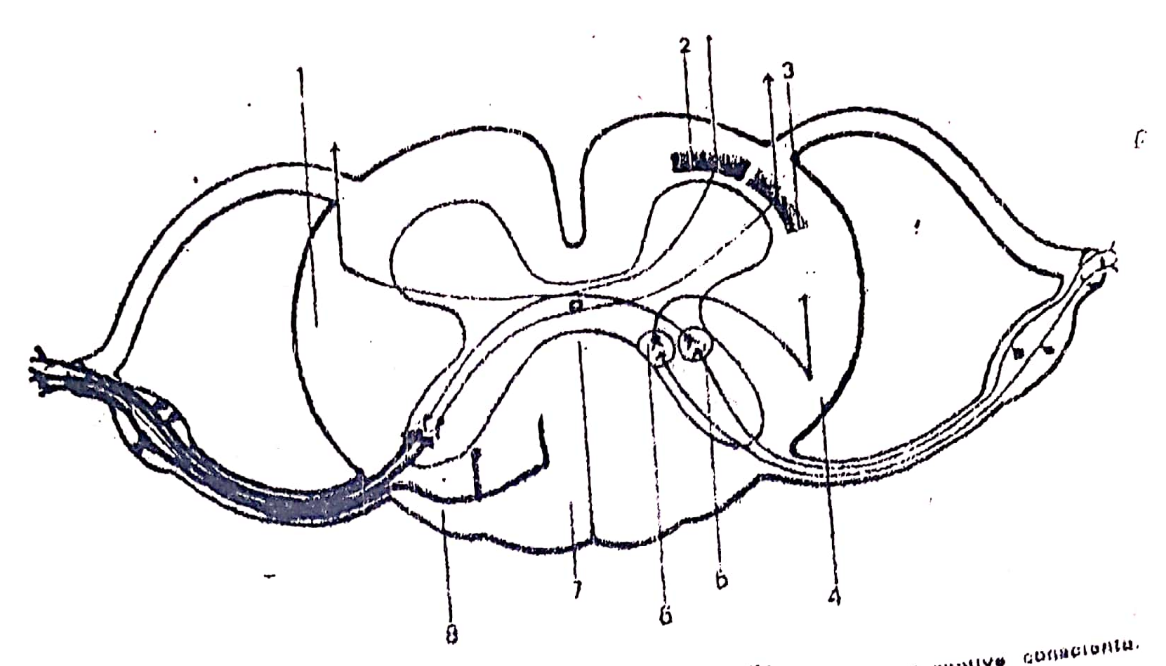
FIGURE 30

Vascularisation artérielle de la moelle (coupe transversale).

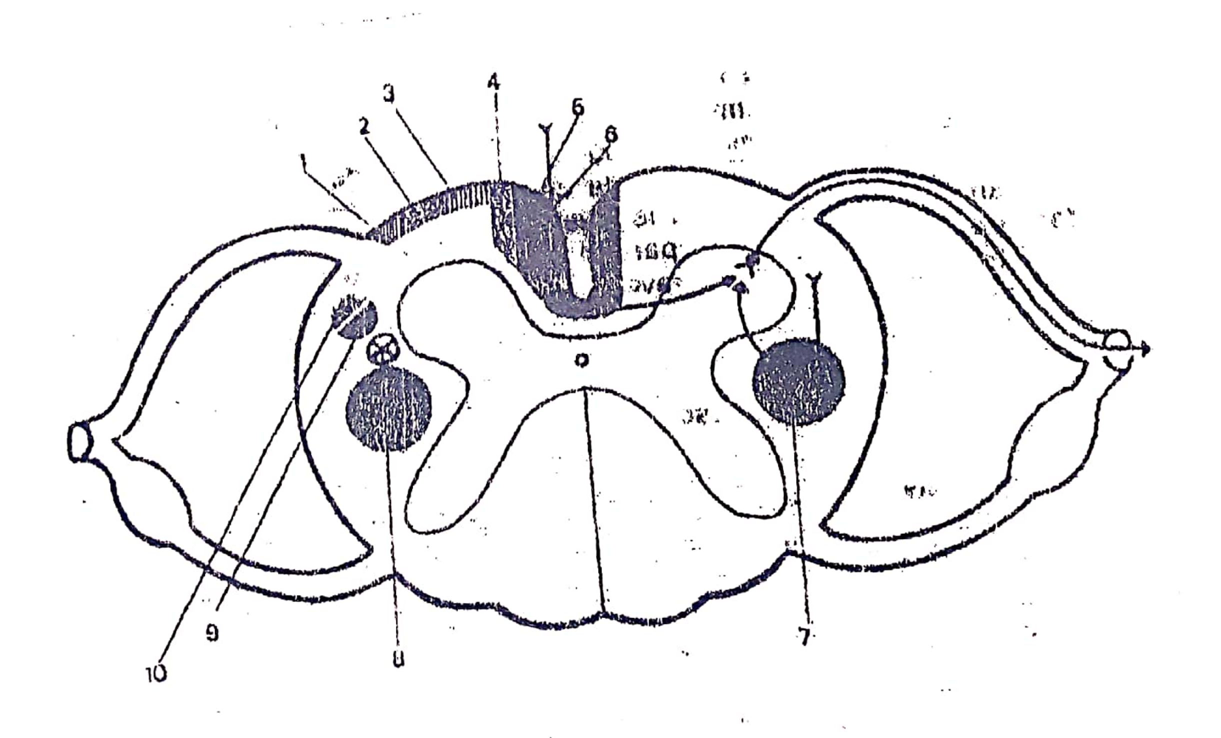
1. Artère sulco-commissurale (antérieure).
2. Cercle péri-médullaire.
3. Rameaux antérieurs.
4. Rameau latéral.
5. Rameaux postérieurs.
6. Artère inter-fasciculaire (postérieure).
7. Anastomoses longitudinales.
8. Artère radiculaire postérieure
9. Artère radiculaire antérieure
10. Artère spinale antérieure.



d'après BOUCHET et CUILLERET



39. Disposition des voies ascendantes (ou sensitives) dans la moelle.
En bleu foncé : sensibilité extéroceptive. En bleu clair : sensibilité proprioceptive consciente.
En vert : sensibilité proprioceptive inconsciente.
1. Faisceau de Gowers. 2. Faisceau spino-thalamique ventral. 3. Faisceau spino-thalamique dorsal.
4. Faisceau de Flechsig. 5. Noyau de Bechterew. 6. Colonne de Clarke. 7. Faisceau de Goll.
8. Faisceau de Burdach.



40. Les voies descendantes (motrices) dans la moelle.
En rouge : voies motrices volontaires. En orange : voies motrices extra-pyramidales.
1. Faisceau vestibulo-spinal dorsal. 2. Faisceau olivo-spinal. 3. Faisceau vestibulo-spinal ventral.
4. Faisceau réticulo-spinal ventral. 5. Faisceau tecto-spinal ventral. 6. Faisceau pyramidal direct.
7. Faisceau pyramidal croisé. 8. Faisceau rubro-spinal. 9. Faisceau tecto-spinal dorsal. 10. Faisceau réticulo-spinal dorsal.

La moelle épinière

La moelle a conservé partiellement la disposition embryonnaire. L'embryon est fait d'un certain nombre de segments superposés : les somites. On peut retrouver dans la moelle 31 segments ou myélomères ; de chaque côté d'un myélomère, part latéralement un nerf rachidien, chaque nerf étant formé par la réunion d'une racine postérieure et d'une racine antérieure.

Sur une coupe horizontale de la moelle, on reconnaît deux zones nettement séparées : la substance grise et la substance blanche.

La *substance blanche* est périphérique ; on lui distingue trois cordons :

- — cordon antérieur,
- — cordon latéral (non séparés franchement et parfois englobés sous le nom de cordon antéro-latéral),
- — cordon postérieur.

Elle est formée par les prolongements dendritiques et cylindraxiles des neurones.

La *substance grise* est centrale. Elle a une forme de H, avec deux cornes antérieures renflées, deux cornes postérieures effilées, et une zone commissurale péri-épendymaire. Elle est constituée par l'amas des corps cellulaires. A l'intérieur de la substance grise, on connaît assez bien la répartition des différentes cellules motrices et sensitives. Schématiquement on trouve :

— *dans la corne antérieure :*

— tête (partie antérieure) : cellules transportant la motricité volontaire des muscles striés (somato-motricité);

— base (partie juxta-épendymaire) : cellules transportant la motricité involontaire des muscles lisses (viscéro-motricité);

— *dans la corne postérieure :*

— tête : cellules transportant la sensibilité extéroceptive (c'est-à-dire tactile, douloureuse et thermique) des téguments;

— col : cellules transportant la sensibilité profonde ou proprioceptive (c'est-à-dire des os, articulations et muscles);

— base : cellules transportant la sensibilité intéroceptive (c'est-à-dire celle des viscères).

Ainsi, autour de l'épendyme, sont groupées les cellules de la motricité et de la sensibilité viscérales, c'est-à-dire du système nerveux végétatif; celui-ci, réparti en éléments sympathiques et para-sympathiques, suit des voies complexes, utilisant les nerfs crâniens et rachidiens, et aussi la chaîne sympathique paravertébrale et ses branches. Il mérite une description à part que nous esquisserons à la fin de cet ouvrage. Notre étude porte essentiellement sur le système nerveux des éléments somatiques, celui qui intéresse la vie de relation.

Le fonctionnement de la moelle peut se faire de trois façons (Delmas) :

— chaque myélomère peut fonctionner isolément, la moelle étant un ensemble d'étages : c'est la moelle segmentaire;

— un groupe plus ou moins complexe de myélomères peut fonctionner ensemble par le jeu de neurones d'association : c'est la moelle inter-segmentaire;

— enfin, la moelle peut fonctionner comme un tout, interposé entre la périphérie et les formations nerveuses sus-jacentes, qui, chez l'homme, la tiennent sous son étroite dépendance. La moelle est alors seulement un lieu de transit.

I. — LA MOELLE SEGMENTAIRE

Le type de fonctionnement le plus simple est ce que l'on appelle *l'arc réflexe* : il comprend un neurone sensitif (esthésioneure), dont les dendrites partent des téguments, dont le corps cellulaire siège dans le ganglion spinal, situé sur la racine postérieure, et dont l'axone pénètre dans la moelle par la racine postérieure, traverse la corne postérieure de la substance grise pour aller se mettre en relation avec un neurone moteur. Celui-ci (dynamoneure) a ses dendrites et son corps cellulaire dans la corne antérieure et envoie

son axone par la racine antérieure vers le muscle strié périphérique auquel il commande une réponse motrice. Ce réflexe est à deux neurones (réflexe bineuronal). Parfois, un neurone intermédiaire est situé entre les deux (réflexe trineuronal).

Ce mode de fonctionnement est certainement très peu utile au cours de la vie courante, dont la plupart des actes sont plus complexes. Cependant, il est utile à connaître en pathologie, car on a pu dresser une carte des différents réflexes provoqués, dont on connaît le trajet assez exactement. On sait par exemple que le réflexe rotulien passe par les deuxième et troisième myélomères lombaires, et les racines correspondantes; que le réflexe achilléen passe par le premier myélomère sacré. On peut ainsi, par l'exploration clinique, localiser un processus pathologique.

II. — LA MOELLE INTER-SEGMENTAIRE

Chaque myélomère est relié au myélomère voisin, et même aux myélomères plus éloignés par des neurones d'association groupés en faisceaux d'associations. Un certain nombre d'entre eux sont très courts, et restent dans la substance grise, reliant des neurones très voisins. Ils sont donc noyés dans la substance grise et non identifiables. D'autres, au contraire, mettent en relation des neurones plus éloignés les uns des autres, et sortent de la substance grise.

Parmi eux on distingue :

— des neurones reliant des myélomères assez voisins; ils sont tassés à la périphérie de la substance grise, formant le *faisceau fondamental;*

— des neurones reliant des myélomères plus éloignés. Ils siègent dans le cordon postérieur de la substance blanche. Les uns ont une direction ascendante : ils forment un faisceau appliqué à la partie postérieure de la substance grise : la *zone cornu-commissurale de Pierre Marie.* Les autres ont une direction descendante, groupés en un faisceau dont l'emplacement varie suivant le niveau considéré;

— dans la moelle cervico-dorsale : le *faisceau en virgule de Schultze;*

— dans la moelle dorsale inférieure : la *bandelette périphérique de Hoche;*

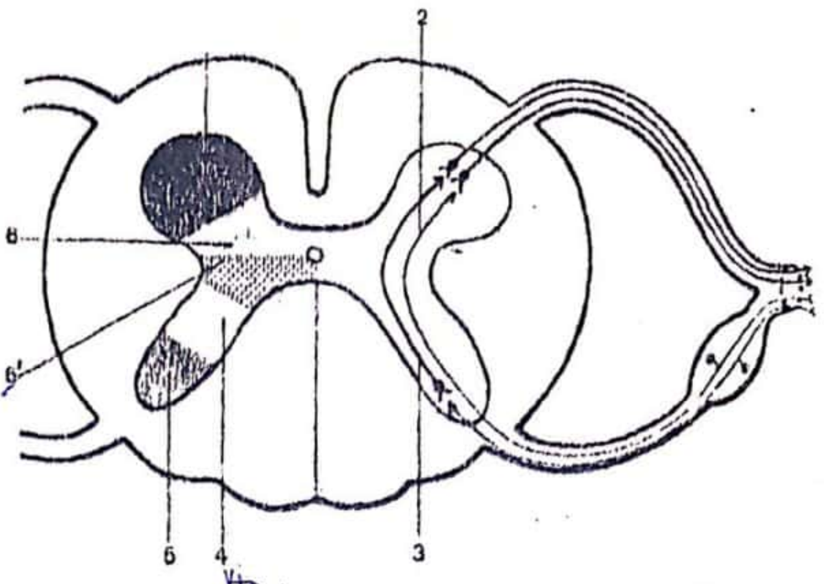
— dans la moelle lombaire : le *centre ovale de Flechsig;*

— dans la moelle sacrée : le *faisceau triangulaire de Gombault et Philippe.*

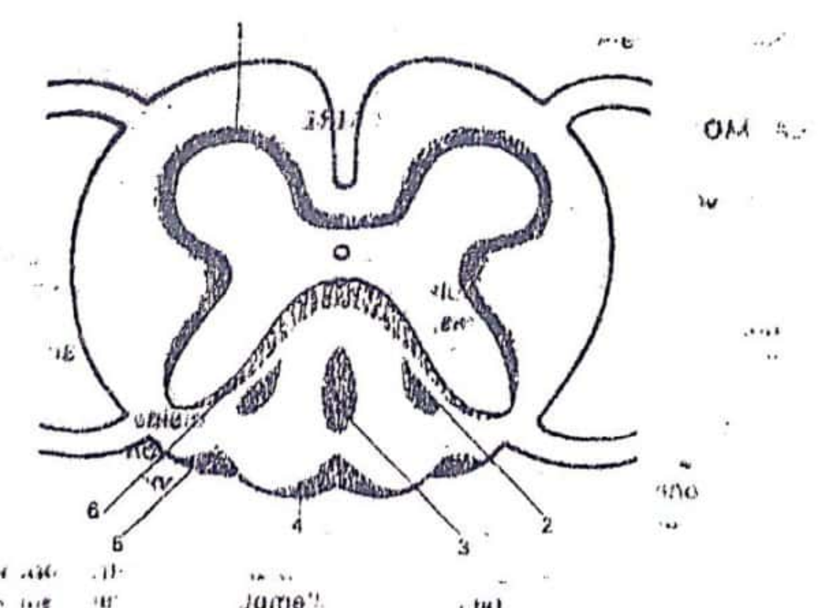
Par le jeu de ces différents neurones d'association, un certain nombre de circuits multi-neuronaux sont possibles. Ils mettent toujours en jeu un influx sensitif médullipète et un influx moteur médullifuge. Mais ils n'entraînent qu'une activité très rudimentaire et n'ont donc dans la vie courante qu'une importance modérée.

III. — LA MOELLE, LIEU DE TRANSIT

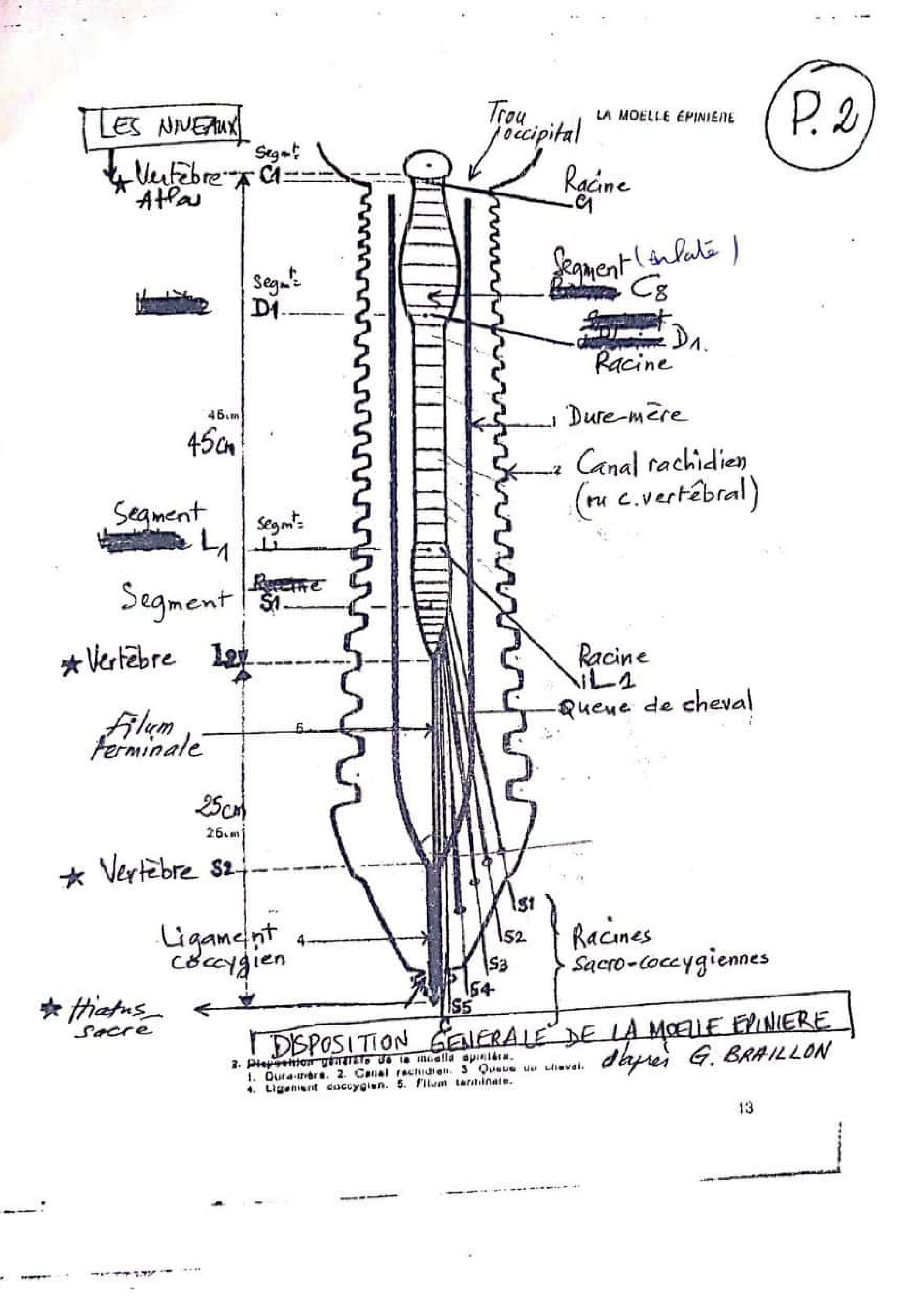
Physiologiquement, dans les activités de la vie de relation, la moelle n'est qu'un intermédiaire entre la périphérie et les centres nerveux supérieurs. Dans la moelle on trouve ainsi un certain nombre de faisceaux, dont les uns transportent des influx sensitifs ascendants, et les autres, des influx moteurs descendants.



37. Arc réflexe et systématisation de la substance grise dans la moelle.
1. Motricité somatique. 2. Arc réflexe bi-neuronal. 3. Arc réflexe tri-neuronal. 4. Sensibilité proprioceptive. 5. Sensibilité extéroceptive. 6' Sensibilité viscérale. 6. Motricité viscérale.



38. Faisceaux d'association dans la moelle.
1. Faisceau fondamental. 2. Faisceau en virgule de Schultze (moelle cervico-dorsale). 3. Centre ovale de Flechsig (moelle lombaire). 4. Faisceau triangulaire de Gombault et Philippe (moelle sacrée). 5. Bandelette périphérique de Hoche (moelle dorsale inférieure). 6. Zone cornu-commissurale de Pierre Marie.



2. Disposition générale de la moelle épinière.
1. Dure-mère. 2. Canal rachidien. 3. Queue de cheval.
4. Ligament coccygien. 5. Filum terminale.